

Accouplement et fécondation

1-Physiologie de l'accouplement :

Le rapprochement sexuel fait intervenir de nombreux comportements : des échanges d'information sensorielle qui sont spécifiques à l'espèce (liés au code génétique), ils peuvent être d'ordre visuel : essentiellement chez les oiseaux ; d'ordre auditif : chez les oiseaux le male qui chante ; d'ordre olfactif chez toutes les espèces : décharge de phéromones.

En particulier les œstrogènes jouent un rôle dans le comportement des femelles* mais aussi des males. Le mécanisme est encore inconnu, mais nécessite une coopération moléculaire entre les deux iso formes de récepteurs et la progestérone.

L'accouplement regroupe les mécanismes nécessaires au dépôt du sperme dans les voies génitales femelles qui sont : érection et éjaculation.

A-érection :

Définition : est le phénomène de rigidification et d'allongement du pénis permettant son intromission dans le vagin. Ce phénomène n'est possible que grâce à la présence des structures tissulaires particulières : tissus érectiles.

Ces tissus se caractérisent par la présence de dispositif vasculaire spécifique : aréoles qui sont des capillaires qui peuvent acquérir une disposition supérieure à celle des capillaires ordinaires.

Mécanisme de l'érection : variable selon les espèces (structures anatomiques très différentes) : accroissement de longueur par effacement du S pénien (Ruminants); allongement plus accroissement du diamètre du tissu fibro-élastiques résultent du gonflement des tissus érectiles (Homme. Etalon) ; chez le chien, la rigidité est acquise par l'existence d'un os pénien. Après l'intromission permise par cet os, il se produit un gonflement des bulbes érectiles du gland, qui n'est complet que dans les voies génitales femelles. Le pénis du chat possède également un os pénien de taille réduite et des papilles cornées recouvrant le gland. L'érection résulte de l'association de 2 mécanismes : de mécanisme vasculaire et mécanisme musculaire.

Dans toutes les espèces le mécanisme est essentiellement vasculaire. Le shunt artério-veineux se ferme et permet le déploiement des capillaires du tissu caverneux ou spongieux. Chez l'animal, l'érection s'accompagne de pressions considérablement plus fortes que la pression artérielle. Ces hausses atteignent jusqu'à 100 fois la valeur de la pression artérielle (Taureau : 14000, Bouc : 7000, Etalon : 6500 mm Hg).

Il existe des mécanismes supplémentaires permettant de ralentir la sortie du sang. La contraction des muscles ischio-caverneux et celle des fibres musculaires lisses des tissus érectiles permettent un surcroît de rigidité.

Déterminisme : l'érection dépend de la mise en jeu d'un réflexe complexe qui intègre des afférences sensorielles centrales et périphériques en provenance essentiellement du gland, des organes

génitaux et de la région du périnée. Le réflexe fait intervenir les centres médullaires (S2 et S4) et des fibres orthosympathiques (T13-L3). (Schéma)

Remarque : l'injection de noradrénaline dans un pénis en érection induit une détumescence (réduction de volume), propriété parfois utilisée dans le traitement de certaines formes de priapisme.

b- éjaculation :

Définition : c'est l'expulsion du sperme par des voies qui sont communes aux voies urinaires inférieures (urètre).

Mécanisme : le sperme est mis sous pression (1000 mm Hg. chez le Bouc) dans la portion terminale des canaux déférents (légère dilatation en ampoule), elle résulte de vagues de contraction des fibres lisses dont l'action est limitée à cette mise sous pression. Par la suite, les contractions s'amplifient et conduisent à l'éjection des spermatozoïdes, puis du sperme. Emission : expulsion du sperme de l'épididyme jusqu'à l'urètre.

Ejaculation : éjection du sperme en dehors du pénis.

Déterminisme : le réflexe est plus simple car les zones sensibles sont plus restreintes que pour l'érection. En principe seul la région du gland est réflexogène. Les stimuli sont essentiellement des stimuli mécaniques et température.

Les centres médullaires dominants sont situés pratiquement dans les mêmes segments médullaires que ceux qui déterminent l'érection. (Schéma)

Ainsi le phénomène d'érection-éjaculation nécessite-t-il une action synergique plus qu'antagoniste des deux branches neurovégétatives, respectivement para et orthosympathiques.

2. Migration des gamètes dans les voies génitales femelles:

2.1- Migration des spermatozoïdes: les spermatozoïdes déposés dans les voies génitales femelles doivent migrer jusqu'à l'ampoule qui est le lieu de la fécondation. Le déplacement des spermatozoïdes résulte selon le segment considéré (vagin et col, utérus) :

Soit de la motilité propre des spermatozoïdes

Soit de la motricité des voies génitales femelles (contractions utérines et de l'oviducte (mouvements d'aspiration et de relaxation utérine, PH alcalin de la glaire cervicale).

Molécules attractantes (exp: la « resact » chez l'oursin)

Molécules chimiotactiques (liquide folliculaire).

Sur plusieurs millions de spermatozoïdes déposés dans le vagin ou l'utérus, généralement moins de mille parviennent à l'ampoule tubaire. Lieu de la fécondation. L'élimination se fait principalement dans

le vagin Par phagocytose et le long du tractus utero-tubaire. Une partie se retrouve dans la cavité péritonéale via l'ouverture du pavillon ou ils finiront par être phagocytés. Après le coït, les spermatozoïdes atteignent l'ampoule de l'oviducte en quelques heures soit beaucoup plus rapidement que ne le permettrait leurs motilité propre.

Espèce	durée
souris	15min
ratte	15-30 min
hamster	2-60 min
lapine	Quelques min
Cochon d'inde	15 min
chienne	2min a quelques heures
truie	15 min
vache	2-13 min
brebis	6 min -5h
femme	6-68 min

Tableau de durée d'intervalle de temps qui sépare le coït et l'arrivée des spermatozoïdes dans l'oviducte.

Arrivé au niveau de l'oviducte, les spermatozoïdes sont immobiles dans le premier segment (chez toutes les espèces étudiées), puis au fur et à mesure les spermatozoïdes sont activés et leur mobilité est réveillée. La muqueuse utérine est longue et surtout parsemée de « pièges », les glandes tubulaires de l'endomètre où se perdent la plupart des spermatozoïdes. A l'entrée de l'oviducte, ce ne sont plus quelques millions mais quelques milliers de spermatozoïdes qui se présentent. Les contractions qui sont de type, descendante vont permettre un phénomène naturel de sélection.

C'est dans l'un des oviductes que doit se faire la rencontre avec l'ovule (encore ovocyte). Et la sélection va se poursuivre puisqu'un spermatozoïde unique doit pénétrer l'ovule et empêcher les autres de le suivre.

La décharge spermatique est considérable sur le plan numérique (quelques milliards de spermatozoïdes dans un éjaculat) alors que la ponte ovulaire lors de chaque cycle œstral est toujours limitée. Tout au long de leur remontée les spermatozoïdes se trouvent en présence de divers facteurs dont les effets conduiront à en éliminer un certain nombre et à procurer aux autres leur capacité fertilisante.

2.2. Propriétés physiologiques du mucus cervical : il existe deux phases

-Une phase solide du mucus en dehors de l'ovulation des glycoprotéines du mucus cervical forme un filet très sécré.

-Une phase liquide en période ovulatoire ou la glaire cervicale change de fonctions à mesure que son réseau s'amincit et s'éclaircit:

La neutralisation de l'acidité vaginale (pH 3 à 4, les Spermatozoïdes y périssent par millions).

Elle facilite par son orientation la remontée des spermatozoïdes les plus mobiles.

Elle retient une partie du liquide séminal, lavant en en quelque sorte les spermatozoïdes.

Elle constitue grâce à son pH favorable un refuge pour beaucoup de spermatozoïdes qui y survient quelques jours permettant d'atteindre l'ovulation si celle-ci n'a pas encore eu lieu.

Amélioration du potentiel énergétique des spermatozoïdes.

Progression de l'ovocyte :

Libéré à la surface de l'ovaire les ovocytes rejoignent l'ampoule de l'oviducte où a lieu la rencontre des gamètes, il est entouré de sa membrane pellucide, des cellules de la corona radiata, et du cumulus oophorus

Le recueil des ovocytes par le pavillon est permis grâce a des dispositifs anatomique :

- Pavillon Appliqué contre l'ovaire, contacte étroit au moment de l'œstrus, les troubles de l'activité mécanique consécutive a une lésion ou inflammation peuvent entrainer la perte des ovocytes.
- Existence d'une bourse ovarique (jument, chien chatte petit rongeur).
- Existence d'une fausse ovarique (jument).

espèces	Lieu de dépôt du sperme	Nombre de spermatozoïdes atteignant l'oviducte	Maintien de la mobilité	Maintien de la fertilité	
Vache	Vagin antérieurs	10^3	15-56heure	28-50 heures	8-12 heures
Brebis	Vagin antérieurs	10^3	48 heures	30-48 heures	16-24 heures
Jument	Vagin antérieurs	10^3	144 heures	144 heures	6-8 heures
truie	Vagin antérieurs	10^3	50 heures	24-18 heures	8-10 heures

2-fécondation :

Définition :

C'est la fusion des gamètes mâle et femelle après une succession des événements dans les voies génitales femelle, la rencontre des deux gamètes s'opère à l'issue d'une insémination naturelle appelée aussi accouplement, ou à l'issue d'une insémination artificielle *in vitro* dans le tractus génital de la femelle ou *in vitro*, en éprouvette, chez la plupart des mammifères si la rencontre n'aurait pas lieu dans les heures qui suivent leur libération les gamètes dégénèrent.

L'oviducte des mammifères :

Joue un rôle prépondérant dans le processus de fécondation, il favorise le transport des gamètes et permet le début de l'embryogenèse.

Conditions préalables à la fécondation :

Les spermatozoïdes des mammifères provenant de la queue de l'épididyme ne peuvent exprimer leur fécondance qu'après un séjour dans des voies génitales femelles. Les changements que doit subir le spermatozoïde pour acquérir la capacité à féconder immédiatement un ovocyte ont été qualifiés de capacitation. Cette dernière a eu lieu dans les voies génitales femelles. *In vivo* c'est les stéroïdes ovariens auxquels sont soumises les voies génitales femelles qui autorisent la capacitation et modulent son temps de réalisation.

Secrétions utérines lors de la remontée des spermatozoïdes :

La nature des sécrétions utérines a été peu étudiée, La sécrétion utérine doit dans un premier temps participer au lavage et au conditionnement du spermatozoïde qui a séjourné pendant un temps parfois long dans un environnement qui est produit des sécrétions testiculaires et des glandes annexes, fortement inhibitrices de son métabolisme.

Le volume des sécrétions utérines est maximal au moment de l'œstrus (quelques mL).

La composition chimique résulte de l'activité sécrétrice de l'épithélium endométrial et de la filtration de composés sériques.

Il ne semble pas y avoir de synthèses de protéines spécifiques à rôle clairement défini, lors de la remontée des spermatozoïdes dans l'utérus. L'équipement enzymatique au fluide utérin est très complet. Les enzymes protéolytiques présentes aident sans doute à l'élimination des composés de surface du spermatozoïde préparant ainsi le processus de capacitation.

Les estérases et osidases peuvent permettre une fourniture permanente de composés de faible poids moléculaire, directement assimilables par les spermatozoïdes, le volume de liquide, relativement important, associé à son mouvement de va et vient sous l'effet des contractions, augmente l'efficacité des actions enzymatiques.

Rôle de l'oviducte dans la remontée des spermatozoïdes :

Durant la période péri-ovulatoire seulement quelques milliers de spermatozoïdes sont présents dans l'oviducte ce qui représente une fraction de ce qui atteignent la partie supérieure de l'utérus, cette

réduction peut être expliquée par l'anatomie de la jonction utero tubaire et de la partie proximal de l'isthme.

En effet chez certaines espèces la jonction utero tubaire empêche la remontée des spermatozoïdes dans l'isthme sous l'effet des contractions utérines, ce système de valve limite certainement les spermatozoïdes entrant dans la trompe, dans toute les espèces les spermatozoïdes sont immobile dans l'isthme, cette immobilisation sera due à la présence dans cette partie de la trompe d'un mucus riche en glycoprotéine visqueuse, elle assurera aussi le stockage dans l'isthme de spermatozoïdes sous une forme non hyperactive en leur conférant une survie prolongée, quoi qu'il n soit ceux qui échappent à l'isthme sont hyperactivés dans l'ampoule.

La capacitation du spermatozoïde

Élimination du plasma séminal :

Les spermatozoïdes quittent le plasma séminal in vivo par migration spontanée ascendante, l'éjaculation subit une centrifugation.

Changement membranaire observé pendant la capacitation :

L'élimination seule du plasma séminal ne suffit pas à rendre les spermatozoïdes fécondants car des composants doivent être détachés de sa membrane plasmique.

La capacitation consiste en l'enlèvement d'un facteur decapacitant de nature glycoprotéique qui déposé à la surface des spermatozoïdes et stabilisant sa membrane plasmique, ce phénomène de capacitation est induit par des sécrétions du tractus génital femelle dans le quel ils doivent séjourner

Les conséquences de la capacitation sont :

Motilité du spermatozoïde et l'induction de la réaction acrosomiale par déstabilisation des membranes plasmiques et accrosomiales externes

Les étapes de la fécondation :

Les différentes étapes de la fécondation comprennent :

Pénétration du cumulus oophorus par le spermatozoïde

Interaction du spermatozoïde avec la zone pellucide.

Fusion des gamètes

Activation de l'ovocyte (exocytose des granules corticaux et achèvement de la 2^{ème} division méiotique.

Décondensation du noyau du Spz et formation des pronoyaux male et femelle.

Développement et migration de ces pronuclei au centre de l'œuf.

Association des chromosomes paternels et maternels sur le fuseau de première division de segmentation. La durée de ces différentes étapes varie sensiblement en fonction des espèces.

1-Pénétration du cumulus oophorus : Chez la plupart des mammifère euthériens, l'ovocyte ovule est entouré d'un cumulus et d'une matrice riche en acide hyaluronique. Cependant chez certaines espèces (vache, brebis, chèvre), le cumulus est rapidement dispersé après l'ovulation et les Spermatozoïdes entrent directement en contact avec la zone pellucide de l'ovocyte.

Le cumulus, lorsqu'il est présent, n'est traversé que par les spermatozoïdes qui sont capités. Pratiquement tous les spermatozoïdes qui atteignent la zone Pellucide, après avoir traversé le cumulus, possèdent un acrosome intact. La hyaluronidase (enzyme accumulée dans l'acrosome) serait susceptible de faciliter leur pénétration. Elle n'est cependant pas indispensable puisque des Spermatozoïdes qui en sont dépourvus (oursin, grenouille) sont néanmoins capables de traverser le cumulus de hamster (TALBO et al Dev.Biol. 1985).

2- Interactions du Spermatozoïde et de la zone pellucide : Avant de pouvoir la pénétrer, le Spermatozoïde doit se fixer à la surface de la zone pellucide et effectuer sa réaction acrosomique. La zone pellucide est composée de trois glycoprotéines sulfatées appelé ZP1, 2,3 la plus importante et 3 dont le poids moléculaire est de 83Kd, aurait deux fonctions essentielles dans la fécondation :

Partie glucidique permet la fécondation spécifique du spermatozoïde.

Partie protéique induit la réaction acrosomiale.

La ZP2, 3 s'associe pour former des filaments qui sont pontés par la ZP1, ceci confère une structure tridimensionnelle à la zone pellucide, la destruction probable du ZP1 par l'acrosine faciliterait le passage du spermatozoïde fécondant.

ZP2 → se fixe à la membrane acrosomiale interne et contribue ainsi à maintenir le spermatozoïde dans la zone pellucide.

2.1-fixation du spermatozoïde :

La zone pellucide reconnaît et fixe les spermatozoïdes de la même espèce, lorsqu'ils sont capités l'adhésion se produit par interaction entre molécule du spermatozoïde et celle de la zone pellucide, chez la souris des sites de reconnaissance spermatique de la zone pellucide ont été identifiés il s'agit de glycoprotéines spécifiques qui assurent la reconnaissance et l'adhésion.

Après sa fixation le spermatozoïde effectue sa réaction acrosomique RA ceci a pour effet d'exposer sa membrane acrosomiale interne.

2-2-induction de la réaction acrosomique :

Chez la plupart des mammifères la RA du spermatozoïde fécondant se produit dans la zone pellucide.

A-la réaction acrosomique :

Se caractérise par une fusion progressive en divers point de la membrane plasmique, et de la membrane acrosomique externe suivie de la viscélisation, et la formation de fenestration ce qui va permettre l'élimination complète des deux membranes sauf dans la zone équatorial qui est non touchée par ce phénomène, et la libération du contenu de l'acrosome, après réaction acrosomique la membrane acrosomique interne se trouve exposée directement en contact avec la pellucide.

La RA est un phénomène rapide chez les rongeurs, elle se produit dans les 15min qui suivent l'attachement à la zone pellucide, elle est dépendante des ions Ca^{++} , elle s'accompagne d'une élévation du calcium intra cellulaire.

b-introduction de la RA :

La fixation du ZP3 aux récepteurs du spermatozoïde déclenche les événements moléculaires et cellulaire qui aboutissent à la RA et notamment l'influx de Ca^{++} qui est l'une des premières étapes de la cascade, après avoir effectué sa réaction acrosomique le spermatozoïde traverse la pellucide en suivant trajectoire oblique.

Le passage du spermatozoïde est assuré non seulement par sa motilité et l'action des enzymes libérés lors de la RA l'hyaluronidase hydrolyse l'acide hyaluronique contenu dans les mailles de la ZP et l'acrosine peut hydrolyser certaines de ces glycoprotéines et modifier la structure de la pellucide.

3-fusion des gamètes :

Le spermatozoïde après avoir franchi la zone pellucide pénètre dans l'espace vitellin, il se trouve en contact avec la membrane plasmique de l'ovocyte il s'immobilise alors et les deux gamètes fusionne.

Il a été noté que cette fusion débute d'abord dans la région post acrosomial, il se propage ensuite dans la zone postérieure de sorte que la totalité du sperme pénètre dans le cytoplasme ovulaire, la membrane plasmique du sperme est intégrée à celle de l'ovocyte, au cours de la fusion par contre la membrane acrosomique interne est incorporée dans le cytoplasme de l'ovocyte en même temps que le noyau du spermatozoïde.

Chez les mammifères après quelques très rares exceptions, le flagelle du spermatozoïde est entièrement incorporé dans l'œuf.

Les principales modifications observées après pénétration du spermatozoïde :

Gonflement du noyau du spermatozoïde formant le pronucléus male sous l'effet d'un facteur ovulaire spéciale MGPE (male pronucléus growing factor)

Fusion des granules corticaux dans l'ovule avec la membrane cytoplasmique de l'ovule et libération de leur contenu (exocytose).

Achèvement de la maturation de l'ovocyte avec expulsion du deuxième globule polaire.

Formation du pronucléus femelle.

Rapprochement des pronucléus et duplication de l'ADN.

Achèvement des pronucléus et disparition des membranes nucléaires.

La première division de segmentation s'achève.

La fécondation a pour conséquence de reconstituer l'assortissement diploïde des chromosomes caractérisant de l'espèce.

Déterminer le sexe chromosomique d'un nouvel individu.

Transmettre à ce dernier les caractères héréditaires paternels et maternels.

Activer l'œuf et de lui faire reprendre son activité cinétique et de déclencher la segmentation.